

**GILSON GONÇALVES XAVIER**

**NÍVEIS DE DANO ECONÔMICO PARA O CONTROLE QUÍMICO E  
BIOLÓGICO DE *Sphenophorus levis* EM CULTIVOS DE CANA-DE-  
AÇÚCAR DE SEQUEIRO E IRRIGADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Marcelo Coutinho Picanço

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2020**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

X3n  
2020

Xavier, Gilson Gonçalves, 1959-

Níveis de dano econômico para o controle químico e biológico de *Sphenophorus levis* em cultivos cana-de-açúcar de sequeiro e irrigado / Gilson Gonçalves Xavier. – Viçosa, MG, 2020.

23 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Marcelo Coutinho Picanço.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.15-17.

1. Cana-de-açúcar - Doenças e pragas. 2. *Saccharum officinarum*. 3. *Beauveria bassiana*. 4. *Sphenophorus levis*. 5. Coleoptera. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Entomologia. Programa de Pós-Graduação em Defesa Sanitária Vegetal. II. Título.

CDD 22 ed. 633.6197

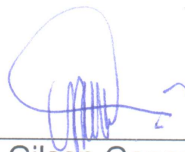
GILSON GONÇALVES XAVIER

**NÍVEIS DE DANO ECONÔMICO PARA O CONTROLE QUÍMICO E  
BIOLÓGICO DE *Sphenophorus levis* EM CULTIVOS DE CANA-DE-  
AÇÚCAR DE SEQUEIRO E IRRIGADO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 24 de julho de 2020.

Assentimento:



---

Gilson Gonçalves Xavier  
Autor



---

Marcelo Coutinho Picanço  
Orientador

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela vida e às oportunidades que me proporcionou.

Agradeço a minha esposa Isabel, amiga e companheira de todos os momentos e pelo incentivo nesta jornada.

Aos meus filhos Edmar e Daniel, razão de minha luta.

À minha irmã Gilma, pelo apoio constante.

Agradeço também a todos os professores que fizeram parte deste trabalho e especialmente ao meu amigo e orientador Professor Marcelo Coutinho Picanço, pelo incentivo e dedicação, razão da conclusão deste trabalho.

Aos colegas de estudo, pelo apreço e aprendizado.

Ao amigo Elizeu, pelo apoio e orientações.

À WD Agroindustrial, local de desenvolvimento da pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## **BIOGRAFIA**

GILSON GONÇALVES XAVIER, filho de Maura Gonçalves Xavier e Edmar Luiz Xavier, nasceu em 13 de dezembro de 1959, na cidade de Patrocínio – MG.

Formou no ensino médio como Técnico em Agropecuária pela Escola Municipal Sérgio de Freitas Pacheco em 1977 e também em Técnico em Contabilidade no ano de 1977, pelo Colégio Comercial Alto Paranaíba. Concluiu o Curso superior em Zootecnia em junho de 1982 pela Faculdade de Zootecnia de Uberaba, MG. Pela mesma instituição, concluiu o Curso de Pós-Graduação em Manejo da Pastagem (Especialização). Em abril de 2005, concluiu o curso de Especialização em Gestão e Tecnologia Agrícola no Setor Sucroalcooleiro pela Universidade de São Paulo. Em janeiro de 2010, concluiu o curso MBA em Gestão Empresarial pela Fundação Getúlio Vargas.

Em março de 2018 ingressou no curso de Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal da Universidade Federal de Viçosa sob a orientação do Professor Marcelo Coutinho Picanço e defendeu sua dissertação em julho de 2020.

## RESUMO

XAVIER, Gilson Gonçalves, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2020. **Níveis de dano econômico para o controle químico e biológico de *Sphenophorus levis* em cultivos de cana-de-açúcar de sequeiro e irrigado.** Orientador: Marcelo Coutinho Picanço.

A cana-de-açúcar é a principal matéria-prima na produção de açúcar e etanol no mundo. O bicudo *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae) é uma praga emergente da cultura da cana. Suas larvas broqueiam os rizomas e a parte basal dos colmos, causando perdas significativas à cultura. O controle de *S. levis* pode ser químico ou biológico (uso do fungo *Beauveria bassiana*). Apesar da grande importância econômica de *S. levis*, são poucos os estudos relatando o nível de dano econômico (NDE) para tomada de decisão desta praga e os fatores determinando seu ataque. Assim, este trabalho teve como objetivo determinar o NDE para *S. levis* em duas modalidades de controle (controle químico e biológico) e sistemas de cultivo (sequeiro e irrigado) e os fatores favoráveis ao ataque dessa praga. A intensidade de ataque de *S. levis* foi monitorada em lavouras comerciais de cana-de-açúcar durante quatro anos. Os valores de NDE para realização de controle químico da praga em cultivos de sequeiro e irrigados foram 5,93% e 4,85% de tocos atacados, respectivamente. Já para realização de controle biológico de *S. levis* com o fungo *B. bassiana* em cultivos de sequeiro e irrigados, os valores do NDE foram 4,15% e 3,40% de tocos atacados, respectivamente. A intensidade de ataque da praga foi maior em anos chuvosos e em canaviais mais velhos. Portanto, nessas condições há maior o risco de perdas por *S. levis*. Os valores de NDE aqui determinados podem ser incorporados a programas de manejo integrado do bicudo em cultivos de cana-de-açúcar, potencialmente permitindo benefícios econômicos e ecotoxicológicos. Esses resultados auxiliarão no manejo mais racional do bicudo em cultivos de cana.

**Palavras-chave:** Bicudo da cana. *Saccharum officinarum*. Intensidade de ataque. Perdas. Custo de controle. Valor da produção. Inseticida. *Beauveria bassiana*.

## ABSTRACT

XAVIER, Gilson Gonçalves, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2020. **Economic injury level for chemical and biological control of *Sphenophorus levis* in rainfed and irrigated sugarcane crops.** Advisor: Marcelo Coutinho Picanço.

Sugarcane is the main crop used for the production of sugar and ethanol in the world. The billbug *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae) is an emerging pest in sugarcane. The larvae of *S. levis* bore the rhizomes and the stem base, causing significant losses to the sugarcane crop. Chemical and biological control (use of fungus *Beauveria bassiana*) are used in *S. levis* management. Despite the economic importance of *S. levis*, there are few studies reporting the main factors determining its attack and the economic injury level (EIL) for proper decision-making in sugarcane fields. Thus, this study aimed to determine the NDE for *S. levis* in two control categories (chemical and biological control) and cultivation systems (rainfed and irrigated), and the factors favorable to this pest attack. The attack intensity of *S. levis* was monitored in commercial sugarcane fields for four years. The EIL values for chemical control in rainfed and irrigated crops were 5.93% and 4.85% of attacked stumps, respectively. As for the biological control with *B. bassiana*, the EIL values were 4.15% and 3.40% of attacked stumps, respectively. The attack intensity of the pest was higher in rainier years and in older cane plantations. Therefore, under these conditions there is a greater risk of losses by *S. levis*. The EIL values determined here can be incorporated into integrated management programs of *S. levis* in sugarcane crops, allowing economic and ecotoxicological benefits. These results will help design sound pest management of the sugarcane billbug.

**Keywords:** Sugarcane billbug. *Saccharum officinarum*. Population density. Losses. Control cost. Production value. Insecticide. *Bauveria bassiana*.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>9</b>
2.1. Determinação de níveis de dano econômico para <i>S. levis</i> .....	10
2.1.1. Cálculo dos custos de controle de <i>S. levis</i> .....	10
2.1.2. Cálculo dos valores de produção das lavouras de cana-de-açúcar .	10
2.1.3. Determinação dos níveis de dano econômico para <i>S. levis</i> .....	11
2.2. Determinação dos fatores que influenciam o ataque da praga.....	11
<b>3. RESULTADOS .....</b>	<b>12</b>
<b>4. DISCUSSÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>15</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>15</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é a principal matéria prima utilizada na produção de açúcar, sendo responsável por 87% da produção mundial deste produto (FAO 2018). Além disso, a cana-de-açúcar é a principal matéria prima utilizada na produção de etanol (Stolf & Oliveira 2020). A produção mundial de cana-de-açúcar é de 1,91 bilhões de toneladas por ano e seu cultivo ocupa uma área de 26,27 milhões de hectares no mundo (FAO 2018). Os maiores produtores mundiais de cana-de-açúcar são Brasil, Índia, China, Tailândia e Paquistão, que são responsáveis por 73,59% da produção mundial (FAO 2018). Estima-se que de forma direta e indireta o setor sucroalcooleiro seja responsável por 2,51 milhões de postos de trabalho no mundo (BNDES/CGEE 2008, FAO 2018).

O cultivo de cana-de-açúcar pode ser realizado em sistema irrigado ou de sequeiro. No Brasil, a cana-de-açúcar é cultivada em sistema de sequeiro em 67,42% das áreas (ANA 2019), com rendimento médio de 90 ton/ha em cinco cortes. No percentual restante (32,58%), o cultivo é irrigado com rendimento médio em sete cortes de 110 ton/ha.

O bicudo da cana-de-açúcar, *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae), está entre as principais pragas nos cultivos de cana-de-açúcar no Brasil (Dinardo-Miranda & Fracasso 2013, Pavlu & Molin 2016). A partir do momento que foi proibido a colheita de cana com queima, o manejo da cultura foi totalmente modificado. A presença e o acúmulo da palha com a colheita da cana crua (sem queima) favoreceu o aparecimento desta praga. O ciclo de vida desse inseto ocorre nos rizomas e na parte basal dos colmos e dura cerca de dois meses. Suas larvas broqueiam os rizomas e a parte basal dos colmos causando à morte das touceiras (Degaspari et al. 1987). Em áreas, de ataque intenso desta praga há necessidade de reforma do canavial após o primeiro corte (Dinardo-Miranda 2008, Dinardo-Miranda & Fracasso 2013). A determinação da intensidade de ataque desta praga é realizada pela avaliação da percentagem de tocos atacados durante a colheita (Dinardo-Miranda 2008). Neste contexto, há uma relação de um para um entre as percentagens de ataque e de prejuízo causados por *S. levis* às lavouras de cana-de-açúcar (Casteliani et al. 2020).

O controle de *S. levis* em cultivos de cana-de-açúcar pode ser químico ou biológico. O controle biológico é feito através da aplicação do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* (Custódio et al. 2017). Os dois métodos

possuem eficiências e custos diferentes, portanto os níveis de dano econômico para o uso de controle químico e biológico de *S. levis* deverão ser diferentes (Fernandes et al. 2011, Moura et al. 2017).

O entendimento dos fatores que regulam as populações das pragas possibilita determinar as épocas e os locais com maiores riscos de ataque destas espécies e assim elaborar estratégias adequadas ao seu controle (Fidelis et al. 2019, Kogan & Heinrichs 2019). Entre os fatores que regulam o ataque das pragas aos cultivos estão os elementos climáticos, a planta hospedeira e as características do sistema de cultivo (Silva et al. 2017, Fidelis et al. 2019).

A decisão de controle de *S. levis* em cultivos de cana-de-açúcar deve ser baseada em planos de amostragem e em índices de tomada de decisão (Pedigo et al. 1986). Nos sistemas de tomada de decisão as densidades das pragas nas lavouras são determinadas pelos planos de amostragem. Posteriormente, as densidades das pragas são comparadas com os índices de tomada de decisão. Nestes sistemas, medidas de controle devem ser adotadas quando a população da praga for igual ou maior que estes índices (Lima et al. 2019). O nível de dano econômico é o principal índice usado para a tomada de decisão de controle das pragas. O nível de dano econômico é determinado em função do preço do produto agrícola, produtividade da cultura, custo de controle e eficiência do método de controle (Higley & Pedigo 1993, Moura et al. 2017).

Apesar da importância dos cultivos de cana-de-açúcar e de *S. levis*, até o momento são poucos os estudos que determinam o nível de dano econômico e fatores favoráveis para esta praga. Assim este trabalho teve como objetivo determinar o nível de dano econômico (NDE) para controle químico e biológico do *S. levis* em cultivos de cana-de-açúcar de sequeiro e irrigado e os fatores favoráveis ao ataque desta praga.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho foi dividido em duas partes. Na primeira parte foram determinados os níveis de dano econômico para *S. levis* em cultivos de cana-de-açúcar de sequeiro e irrigado. Já na segunda parte foram estudados fatores que influenciam a intensidade de ataque desta praga nos cultivos de cana-de-açúcar. Para tanto, foram monitoradas as intensidades de ataque *S. levis* a lavouras comerciais de cana-de-açúcar durante quatro anos.

## **2.1. Determinação de níveis de dano econômico para *S. levis***

A determinação dos níveis de dano econômico foi realizada em três etapas. Na primeira foram calculados os custos de controle da praga. Na segunda, foram calculados os valores da produção da cultura. Já na terceira foram determinados os níveis de dano econômico.

### **2.1.1. Cálculo dos custos de controle de *S. levis***

O custo de controle foi obtido pela média dos preços dos produtos em função das doses recomendadas pelos fabricantes. As cotações foram realizadas no mês de fevereiro de 2020 nas revendas especializadas do Triângulo Mineiro e Sertãozinho, SP. Foram cotados produtos registrados no pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) para o controle de *S. levis*. Os preços são dos produtos entregues na propriedade. Os custos operacionais de aplicação dos produtos inseticidas e biológico são os praticados na região pelos prestadores desta modalidade de serviço, em fevereiro de 2020, com a mão de obra incluída. Os EPIs, compostos por boné, máscara protetora, calça, blusão de manga longa, avental impermeável, luvas e botas impermeáveis, foram cotados em lojas especializadas de João Pinheiro, MG, em fevereiro de 2020.

### **2.1.2. Cálculo dos valores de produção das lavouras de cana-de-açúcar**

O valor da produção da cana-de-açúcar foi apurado pelo Sistema Consecana de São Paulo, o qual é utilizado para o pagamento da venda de cana para as unidades industriais. Este valor foi calculado pela produtividade de cada sistema de cultivo, sequeiro e irrigado, em função do preço da tonelada de cana, fechamento relativo ao ano safra de 2019, correspondente a 128,12kg de ATR/ton de cana. O preço de fechamento do kg de ATR da safra 2019 foi de R\$ 0,6579/kg. Na região onde foi realizado este trabalho, a produtividade em áreas de alta tecnificação está em torno de 90 toneladas por hectare em sistemas de sequeiro e 110 toneladas por hectare, em sistemas de irrigação de salvamento. Esta é a produtividade média de cinco cortes para o cultivo de sequeiro e sete cortes para o cultivo irrigado.

### 2.1.3. Determinação dos níveis de dano econômico para *S. levis*

Os níveis de dano econômico para *S. levis* foram determinados usando-se a fórmula (1) (Higley & Pedigo 1993, Lima et al. 2019, Lopes et al. 2019).

(1)  $NDE_{ij} = (C_i \times 100) \div (V_j \times k_i)$ , onde:  $NDE_{ij}$  = nível de dano econômico para *S. levis* em termos de porcentagem de tocos atacados pela praga,  $C_i$  = custo de controle (R\$ ha<sup>-1</sup>) para realização de controle químico ( $i = 1$ ) ou biológico ( $i = 2$ ),  $V_j$  = valor de produção (R\$ ha<sup>-1</sup>) em cultivos de cana-de-açúcar em sequeiro ( $j = 1$ ) ou irrigado ( $j = 2$ ),  $k_i$  = coeficiente de eficiência do controle da praga para realização de controle químico ( $i = 1$ ) ou biológico ( $i = 2$ ) (Pereira et al. 2016, Lopes et al., 2019).

### 2.2. Determinação dos fatores que influenciam o ataque da praga

Esta parte do trabalho foi realizada em campos comerciais de cana-de-açúcar em João Pinheiro, MG (18°17'29,80''S e 46°02'05,25''O, altitude de 989 m, clima tropical, estação seca) durante quatro anos (2014 a 2017). Foram avaliados 10 campos de cana-de-açúcar em cultivos de sequeiro, plantados em fevereiro de 2013 com a variedade SP80-1816 e cada um deles possuía cerca de 20 hectares. Os canaviais foram conduzidos com espaçamento de 1,60 x 0,9 e adotando práticas normais de cultivo, ou seja, manejo padrão da empresa com relação aos tratos culturais e colheita (Santos & Borém 2016).

Em cada ano de cultivo, após a colheita da cana-de-açúcar foi avaliada a intensidade de ataque de *S. levis* em cada campo. Em cada campo foram avaliadas 40 amostras. Cada amostra foi constituída por uma touceira de cana-de-açúcar. Estas amostras estavam distribuídas em um grid regular em toda área do campo de cultivo para se evitar tendências direcionais (Lima et al. 2018). Para realização da amostragem foi aberta no solo uma trincheira de 50 x 50 x 30 cm de profundidade no local da touceira de cana-de-açúcar. Nesta touceira foram contados o número total de tocos e o número de tocos atacados por *S. levis* (Figura 1). A partir destes dados calculou-se a porcentagem de tocos atacados pela praga em cada amostra. A intensidade de ataque em cada campo de cultivo foi comparada com o nível de dano econômico da praga determinado anteriormente para cana-de-açúcar em cultivo de sequeiro.

Dados de chuva (mm) e temperatura do ar durante o período experimental foram obtidos de uma estação automática (Agritempo 2019). Os valores médios das variáveis climáticas de 365 dias anteriores a cada data de avaliação foram

calculados e usados nas análises estatísticas (Figura 2). Modelos lineares generalizados mistos (GLMM, função *glmer* do pacote *lme4* do software R. Bates et al. 2015, R Core Team 2019) foram usados para avaliar os fatores (idade dos canaviais, temperatura e chuvas) afetando a intensidade de ataque de *S. levis* (porcentagem de tocos atacados). Os modelos incluíram ‘talhão’ como fator aleatório (1|talhão). Os modelos foram ajustados com distribuição binomial (apropriada para dados proporcionais) e função de ligação logit, e o número de amostras em cada talhão foi inserido como peso, de forma a corrigir diferenças no esforço amostral.

### 3. RESULTADOS

O custo do controle químico de *S. levis* em cultivos de cana-de-açúcar foi de R\$ 359,80 por hectare. Desse custo, 82,56% foi gasto com inseticidas e 17,44% com equipamentos e mão de obra usados na aplicação dos inseticidas (Tabela 1). Já o custo do controle biológico desta praga foi de R\$ 148,06 por hectare. Deste custo, 76,78% foi gasto com o produto (formulação de *B. bassiana*) e 23,22% com equipamentos e mão de obra usados nas aplicações deste agente de controle biológico (Tabela 2).

A produtividade e o valor da produção dos cultivos de cana-de-açúcar irrigados foram 18,18% maiores do que os valores para estas variáveis em cultivos de sequeiro. Os NDE para a praga foram 5,93% e 4,85% de tocos atacados para o controle químico em cultivos em sequeiro e irrigados, respectivamente. Já para o controle biológico, os NDE foram 4,15% e 3,40% de tocos atacados em cultivos de sequeiro e irrigado, respectivamente (Tabela 3).

O ataque de *S. levis* aumentou ao longo dos anos de cultivo. Isto pode ser observado tanto em relação a percentagem de lavouras atacadas por *S. levis*, percentagem de lavouras com população da praga acima do NDE (Figura #A) ou da densidade da praga em termos de percentagem de tocos atacados (Figura 3B). Neste contexto, 55,55% das lavouras de cana-de-açúcar não estavam atacadas pela praga ao final do primeiro ano de cultivo e 100% delas estavam atacadas após o quarto ano de cultivo. Por outro lado, ao final do primeiro ano de cultivo, 22,22% das lavouras apresentavam população da praga acima do NDE, enquanto que ao final do quarto ano a população da praga ultrapassou o NDE em 100% das lavouras (Figura 3A).

Os dados do modelo linear generalizado da intensidade de ataque de *S. levis* em função da idade das plantas e elementos climáticos se ajustaram a distribuição binomial com aproximação de Laplace para abundância deste besouro. Observaram-se efeitos positivos e significativos da idade das plantas ( $z = 1,95$ ;  $P < 0,001$ ) e da precipitação pluviométrica ( $z = 0,82$ ;  $P < 0,001$ ) sobre a intensidade de ataque de *S. levis*. Entretanto, não foi observado efeito significativo ( $P > 0,05$ ) da temperatura média do ar sobre a intensidade de ataque da praga (Tabela 4).

#### 4. DISCUSSÃO

A relação custo/benefício do controle de *S. levis* indica que é necessário controlar esta praga quando suas populações são altas, já que o custo de seu controle é baixo (R\$ 148,06 a R\$ 359,80 por hectare) em relação ao valor da produção (R\$ 7.586,54 a R\$ 9.272,44 por hectare). O custo de controle da praga representou de 1,60 a 4,74% do valor da produção da cana-de-açúcar. Além disto, nas lavouras de cana-de-açúcar avaliadas verificou-se intensidades de ataque da praga de até 53% de tocos atacados pela praga. As perdas causadas por *S. levis* foram altas (até 53% da produtividade), uma vez que a percentagem de tocos atacados por *S. levis* equivale a percentagem de perdas causadas por essa praga (Casteliani et al. 2020).

Assim, o controle de *S. levis* quando suas populações atingem o NDE é fundamental para evitar que haja perdas econômicas por esta praga. Por outro lado, o controle deste besouro quando suas populações são baixas (abaixo do NDE) não traz benefícios econômicos. Pelo contrário, o uso desnecessário de inseticidas aumenta o custo de produção e pode causar impacto ambiental e prejudicar a saúde humana (Higley & Pedigo 1993, Miranda et al. 2005, Picanço et al. 2007, Naranjo et al. 2015, Lopes et al. 2019).

Aspectos econômicos e ecológicos influenciam a determinação e uso do nível de dano econômico (Pedigo et al. 1986, Fernandes et al. 2011, Moura et al. 2017, Lopes et al. 2019). O nível de dano econômico para *S. levis* nos cultivos de cana-de-açúcar variou em função do nível tecnológico (sequeiro ou irrigado) e do método de controle usado (químico ou biológico). O nível de dano econômico no cultivo de sequeiro foi 18,18% maior que no cultivo irrigado. O nível de dano econômico é inversamente proporcional à produtividade e ao valor da produção. Produtividades maiores levam a menor nível de dano econômico

(Pedigo et al. 1986, Moura et al. 2017). Por outro lado, quanto maior o preço do inseticida ou agente de controle biológico (i.e., custo de controle), menor o nível de dano econômico (Pereira et al. 2016, Lima et al. 2019). Para o controle biológico o nível de dano foi em média 30% inferior ao controle químico para os dois tipos de cultivos. Esta percentagem resulta do menor custo do controle biológico comparado ao controle químico, tanto no cultivo de sequeiro quanto no irrigado.

A intensidade de ataque de *S. levis* às lavouras de cana-de-açúcar aumentou ao longo dos anos de condução destes cultivos, como relatado em estudos prévios com a praga (Dinardo-Miranda & Fracasso 2013). O aumento das populações da praga ocorreu por três motivos principais: i) potencial de aumento da população (número de gerações por ano) (Degaspari et al. 1987), ii) baixa eficiência dos métodos de controle aplicados (Dinardo-Miranda & Fracasso 2010) e iii) acúmulo de palha ao longo dos cultivos, o que proporciona um ambiente favorável ao seu desenvolvimento (Dinardo-Miranda & Fracasso 2013). O ciclo de vida médio de *S. levis* (ovo a adulto) é de 55 dias e até cinco gerações da praga podem ocorrer durante o ano (Degaspari et al. 1987). Portanto, se manejadas de forma inadequada, as populações da praga aumentam muito de um cultivo para outro. Com relação aos métodos de controle, a eficiência de inseticidas químicos e biológicos é baixa, sobretudo após os 30 dias após a aplicação (DAA). A eficiência do Fipronil no controle de *S. levis* foi de 83%, 50 e 53% aos 30, 60 e 90 DAA, respectivamente (Custódio et al. 2017). No mesmo estudo, a eficiência de *B. bassiana* foi de 38, 41 e 47% aos 30, 60 e 90 DAA, respectivamente.

A intensidade de ataque de *S. levis* às lavouras de cana-de-açúcar foi favorecida pela ocorrência de chuvas. Os picos populacionais de adultos de *S. levis* ocorreram durante os meses de outubro a novembro e fevereiro a março, ou seja, em períodos chuvosos e de maior umidade. As chuvas influenciam as propriedades físico-químicas do solo. Essa praga é favorecida por solos úmidos (Girón-Pérez et al. 2009) que favorecem o desenvolvimento de ovos e larvas. Além disso, durante o período chuvoso pode ter havido menor eficiência do controle químico (aplicado no solo) devido à maior lixiviação dos inseticidas (Sánchez et al. 2003) e biodegradação dos inseticidas (Dungan et al. 2003, Briceño et al. 2007).

## 5. CONCLUSÕES

Os níveis de dano econômico determinados neste trabalho para *Sphenophorus levis* podem ser incorporados a programas de manejo integrado de pragas em cultivos de cana-de-açúcar. Para realização de controle químico da praga em cana-de-açúcar em cultivos de sequeiro e irrigados os níveis de dano econômico foram 5,93% e 4,85% de tocos atacados, respectivamente. Já para realização de controle biológico de *S. levis* com o fungo *Beauveria bassiana* em cana-de-açúcar em cultivos de sequeiro e irrigados os níveis de dano econômico foram 4,15% e 3,40% de tocos atacados, respectivamente. A intensidade de ataque da praga foi maior em anos chuvosos e em canaviais mais velhos.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agritempo. 2019. Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. (<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/index.jsp>).
- Almeida, L.C., & Almeida, L.G. 2015. Processos agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar. SBEA, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.
- ANA. 2019. Levantamento da cana-de-açúcar irrigada e fertirrigada no Brasil. Agência Nacional de Águas, Brasília, Distrito Federal, Brasil.
- Bates, D., M. Mächler, B. Bolker, & S. Walker. 2015. Fitting linear mixed-effects models using lme4. J. Stat. Softw. 67: 1–48.
- BNDES, CGEE. 2008. Cana-de-açúcar: Energia para o desenvolvimento sustentável. BNDES, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.
- Briceño, G., G. Palma, & N. Durán. 2007. Influence of organic amendment on the biodegradation and movement of pesticides. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. 37: 233–271.
- Casteliani, A., L. F. Martins, J. F. M. Cardoso, M. S. O. Silva, R. S. A. Silva, J. G. Chacon-Orozco, A. G. B. Casteliani, V. Půža, R. Harakava, & L. G. Leite. 2020. Behavioral aspects of *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae), damage to sugarcane and its natural infection by *Steinernema carpocapsae* (Nematoda: Rhabditidae). Crop Prot. 137: 105262.
- CONSECANA. 2019. Preço mensal do Kg do ATR. ([https://www.consecana.com.br/login.asp?url=preco\\_mensal.asp](https://www.consecana.com.br/login.asp?url=preco_mensal.asp)).
- Custódio, H. H., P. R. P. Martinelli, & L. S. Santos. 2017. Controle químico e biológico de *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae) na cultura da cana-de-açúcar. Entomol. Mex. 4: 331–337.

Degaspari, N., P. S. M. Botelho, L. C. Almeida, & H. J. Castilho. 1987. Biologia de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Col.: Curculionidae), em dieta artificial e no campo. *Pesqui. Agropecuária Bras.* 22: 556–558.

Dinardo-Miranda, L. L., & J. V. Fracasso. 2010. Effect of insecticides applied at sugarcane planting on *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera; Curculionidae) control and on the yield of first two harvests, pp. 1–5. In *Int. Soc. Sugar Cane Technol.*

Dinardo-Miranda, L. L., & J. V. Fracasso. 2013. Sugarcane straw and the populations of pests and nematodes. *Sci. Agric.* 70: 369–374.

Dinardo-Miranda, L.L. 2008. Pragas, pp. 349–404. In: Dinardo-Miranda, L.L., A.C.M. Vasconcelos, M.G.A. Landell (ed.). *Cana-de-açúcar*. Instituto Agrônômico, Campinas, São Paulo, Brasil.

Dungan, R. S., J. Gan, & S. R. Yates. 2003. Accelerated degradation of methyl isothiocyanate in soil. *Water. Air. Soil Pollut.* 142: 299–310.

FAO. 2018. FAOSTAT: Agriculture data. (<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>).

Fernandes, F. L., M. C. Picanço, S. O. Campos, C. S. Bastos, M. Chediak, R. N. C. Guedes, & R. S. Silva. 2011. Economic injury level for the coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) using attractive traps in Brazilian coffee fields. *J. Econ. Entomol.* 104: 1909–1917.

Fidelis, E. G., E. S. Farias, M. C. Lopes, F. F. Sousa, J. C. Zanuncio, & M. C. Picanço. 2019. Contributions of climate, plant phenology and natural enemies to the seasonal variation of aphids on cabbage. *J. Appl. Entomol.* 143: 365–370.

Garcia, J. F. 2013. Manual de identificação de pragas de cana. FMC, Campinas, Brasil.

Girón-Pérez, K., O. Nakano, A. C. Silva, & M. Oda-Souza. 2009. Attraction of *Sphenophorus levis* Vaurie adults (Coleoptera: Curculionidae) to vegetal tissues at different conservation levels. *Neotrop. Entomol.* 38: 842–846.

Higley, L. G., & L. P. Pedigo. 1993. Economic injury level concepts and their use in sustaining environmental quality. *Agric. Ecosyst. Environ.* 46: 233–243.

Lima, C. H. O., R. A. Sarmiento, P. S. Pereira, A. V. Ribeiro, D. J. Souza, & M. C. Picanço. 2018. Economic injury levels and sequential sampling plans for control decision-making systems of *Bemisia tabaci* biotype B adults in watermelon crops. *Pest Manag. Sci.* 75: 998–1005.

Lima, C. H. O., Sarmiento, R. A., Pereira, P. S., Ribeiro, A. V., Souza, D. J., & Picanço, M. C. 2019. Economic injury levels and sequential sampling plans for control decision-making systems of *Bemisia tabaci* biotype B adults in watermelon crops. *Pest management science*, 75(4), 998-1005.

Lopes, M. C., E. S. Farias, T. L. Costa, L. P. Arcanjo, A. A. Santos, A. V. Ribeiro, R. C. Santos, & M. C. Picanço. 2019. Economic injury level and sequential

sampling plan for *Liriomyza huidobrensis* management in tomato crops. *Crop Prot.* 124: 104848.

Miranda, M. M. M., M. C. Picanço, J. C. Zanuncio, L. Bacci, & É. M. Silva. 2005. Impact of integrated pest management on the population of leafminers, fruit borers, and natural enemies in tomato. *Ciência Rural.* 35: 204–208.

Moura, M. F., M. C. Lopes, R. R. Pereira, J. B. Parish, M. Chediak, L. P. Arcanjo, D. G. Carmo, & M. C. Picanço. 2017. Sequential sampling plans and economic injury levels for *Empoasca kraemeri* on common bean crops at different technological levels. *Pest Manag. Sci.* 74: 398–405.

Naranjo, S. E., P. C. Ellsworth, & G. B. Frisvold. 2015. Economic value of biological control in integrated pest management of managed plant systems. *Annu. Rev. Entomol.* 60: 621–645.

Pavlu, F. A., & J. P. Molin. 2016. A sampling plan and spatial distribution for site-specific control of *Sphenophorus levis* in sugarcane. *Acta Sci. - Agron.* 38: 279–287.

Pedigo, L. P., S. H. Hutchins, & L. G. Higley. 1986. Economic injury levels in theory and practice. *Annu. Rev. Entomol.* 31: 341–368.

Pereira, P. S., R. A. Sarmiento, T. V. S. Galdino, C. H. O. Lima, F. A. Santos, J. Silva, G. R. Santos, & M. C. Picanço. 2016. Economic injury levels and sequential sampling plans for *Frankliniella schultzei* in watermelon crops. *Pest Manag. Sci.* 73: 1438–1445.

Picanço, M. C., Bacci, L., Crespo, A. L. B., Miranda, M. M. M., & Martins, J. C. 2007. Effect of integrated pest management practices on tomato production and conservation of natural enemies. *Agric. For. Entomol.* 9: 327–335.

R Core Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Sánchez, L., E. Romero, & A. Peña. 2003. Ability of biosolids and a cationic surfactant to modify methidathion leaching. Modelling with pescol. *Chemosphere.* 53: 843–850.

Santos, F., & A. Borém. 2016. *Cana-de-açúcar: do plantio a colheita.* UFV, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Silva, R. S., L. Kumar, F. Shabani, E. M. Silva, T. V. S. Galdino, & M. C. Picanço. 2017. Spatio-temporal dynamic climate model for *Neoleucinodes elegantalis* using CLIMEX. *Int. J. Biometeorol.* 61: 785–795.

Stolf, R., & A. P. R. D. Oliveira. 2020. The success of the Brazilian alcohol program (Proálcool) - A decade-by-decade brief history of ethanol in Brazil. *Eng. agríc.* 40: 243–248.

Tabela 1. Custo médio (R\$ ha<sup>-1</sup>) para equipamentos e produtos utilizados no controle químico de *Sphenophorus levis* *Beauveria bassiana* em cultivos de cana-de-açúcar

Insumos	Unidade	Custo unitário (R\$)	Quantidade	Custo total (R\$)
Equipamentos				
Equipamento de proteção individual*	ud	138,12	0,02	2,76
Pulverização com trator	h	120,00	0,50	60,00
(1) Subtotal				62,76
Inseticidas				
Alfa-cipermetrina 120 + fipronil 180 SC	L	189,00	1,50	283,50
Bifentrina 400 EC	L	358,00	0,60	214,80
Bifentrina 50 + carbossulfano 150 EC	L	83,60	5,00	418,00
Clorantraniliprole 650 WG	kg	1520,00	0,45	684,00
Fipronil 200 EC	kg	445,00	0,50	222,50
Imidacloprido 700 WG	Kg	115,00	1,50	172,50
Imidacloprido 728 SC	kg	115,00	1,50	172,50
Lambda-cialotrina 106 + tiametoxam 1411 SC	L	139,00	1,50	208,50
(2) Custo médio por aplicação				297,04
(3) Custo de uma aplicação (1) + (2)				359,80
(4) Custo de controle = (3) x 1 aplicação				359,80

\*O equipamento de proteção individual foi constituído por boné, protetor facial, máscara protetora, calça, blusão de manga longa, avental impermeável, luvas e botas impermeáveis.

Tabela 2. Custo médio (R\$ ha<sup>-1</sup>) para equipamentos e produtos utilizados no controle biológico de *Sphenophorus levis* pelo fungo *Beauveria bassiana* em cultivos de cana-de-açúcar

Insumos	Unidade	Custo unitário (R\$)	Quantidade	Custo total (R\$)
Equipamentos				
Equipamento de proteção individual*	ud	138,12	0,02	2,76
Pulverização com trator	h	120,00	0,12	14,40
(1) Subtotal				17,16
Inseticidas				
Formulação 1	kg	89,00	0,50	44,50
Formulação 2	L	109,00	0,50	54,50
Formulação 3	kg	128,00	0,50	64,00
Formulação 4	kg	60,00	1,00	60,00
Formulação 5	kg	120,00	0,50	60,00
Formulação 6	kg	150,00	0,40	60,00
Formulação 7	kg	467,00	0,10	46,70
Formulação 8	kg	105,00	0,70	73,50
Formulação 9	kg	150,00	0,25	37,50
Formulação 10	kg	170,00	0,40	68,00
(2) Custo médio por aplicação				56,87
(3) Custo de uma aplicação (1) + (2)				74,03
(4) Custo de controle = (3) x 2 aplicações				148,06

\*O equipamento de proteção individual foi constituído por boné, protetor facial, máscara protetora, calça, blusão de manga longa, avental impermeável, luvas e botas impermeáveis.

Tabela 3. Produtividade, valor da produção e níveis de dano econômico (percentagem de colmos atacados) para *Sphenophorus levis* com uso de controle químico e biológico pelo fungo *Beauveria bassiana* em cultivos cana-de-açúcar de sequeiro ou irrigado

Sistema de cultivo	Produtividade (ton ha <sup>-1</sup> )	Valor da produção* (R\$ ha <sup>-1</sup> )	Níveis de dano econômico	
			Controle químico	Controle biológico
Sequeiro	90	7586,54	5,93%	4,15%
Irrigado	110	9272,44	4,85%	3,40%

\* No cálculo do valor da produção foi considerado que o preço da cana-de-açúcar de R\$ R\$ 84,29 por tonelada (CONSECANA 2019).

§ Nestes cálculos, foi considerado que 1% de colmos atacados causa 1% de prejuízo (Casteliani et al. 2020)

Tabela 4. Resumo dos modelos lineares generalizados mistos (GLMM com distribuição binomial negativa e aproximação de Laplace) da percentagem de tocos de cana-de-açúcar atacados por *Sphenophorus levis* em função da idade das plantas, temperatura média do ar e precipitação pluviométrica.

Termo	Tocos atacados (%)		
	Inclinação $\pm$ EP	z	P
Intercepto	-14,24 $\pm$ 3,44	-4,15	<0,001
Idade das plantas (anos)	1,95 $\pm$ 0,14	13,57	<0,001
Temperatura média do ar (°C)	0,17 $\pm$ 0,13	1,31	0,191
Precipitação pluviométrica (mm dia <sup>-1</sup> )	0,82 $\pm$ 0,20	4,70	<0,001



Figura 1. (A) Amostragem, (B) raízes atacadas, (C) imaturos (larvas e pupas) e (D) adultos de *Sphenophorus levis* nos talhões dos cultivos de cana-de-açúcar.

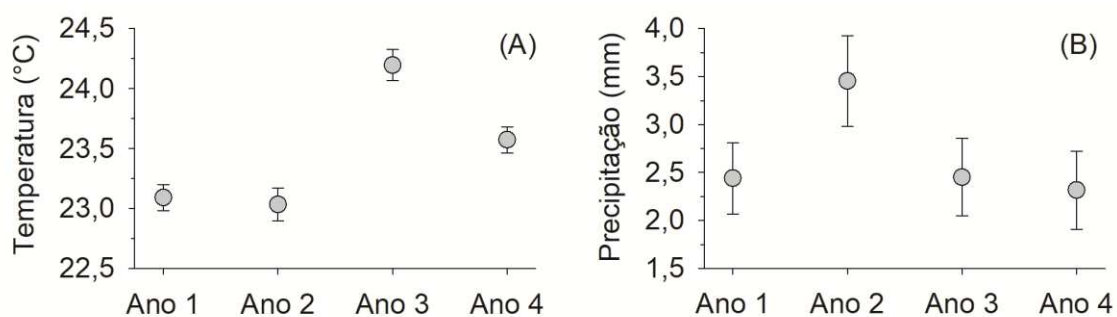


Figura 2. Médias anuais da temperatura média do ar (A) e da precipitação pluviométrica (B) durante a condução dos cultivos de cana-de-açúcar.

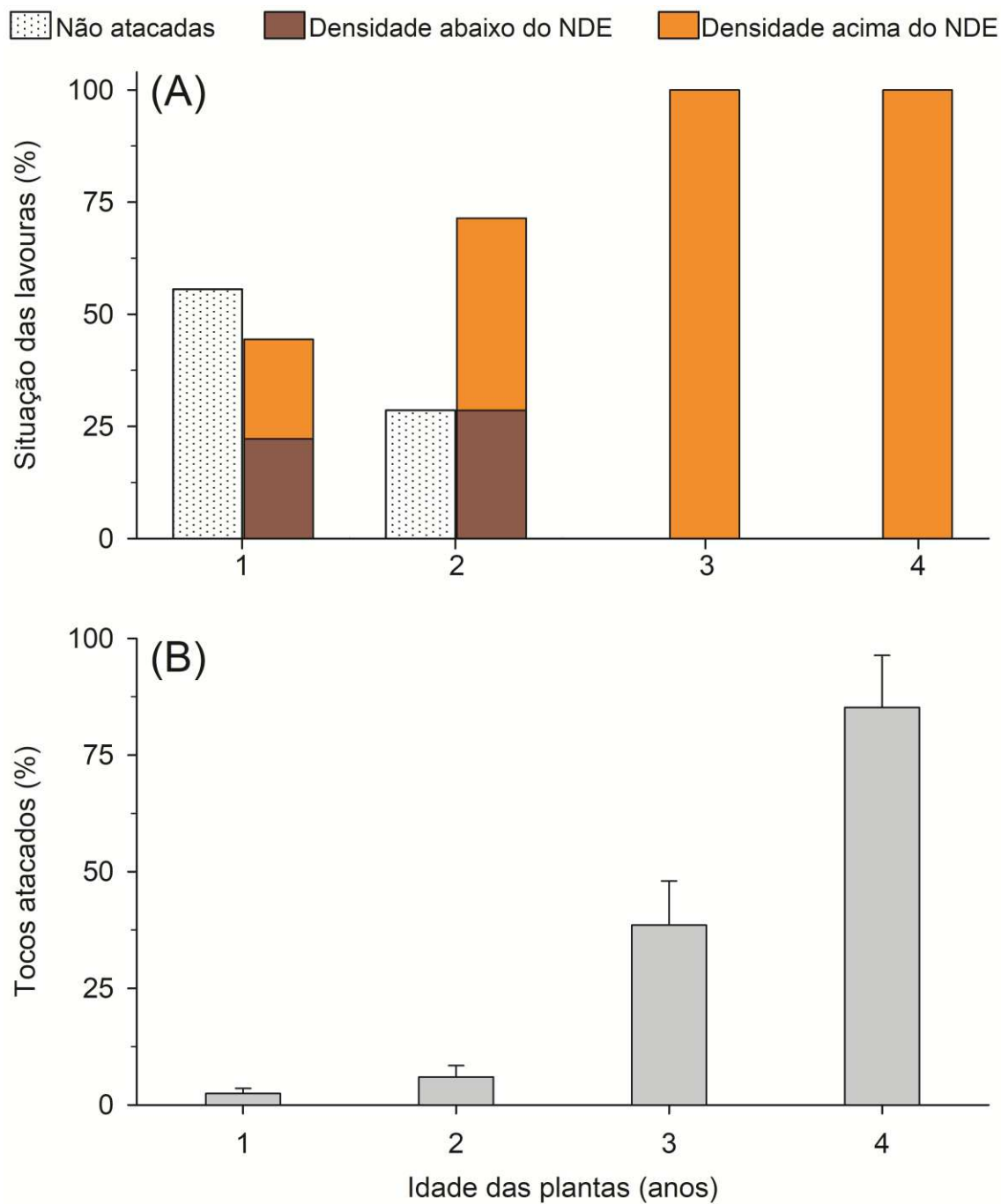


Figura 3. (A) Percentagem de lavouras atacadas e (B) densidade (média  $\pm$  erro padrão) de *Sphenophorus levis* em lavouras de cana-de-açúcar em função da idade das plantas. NDE = nível de dano econômico de 5,93% (controle químico da praga em lavouras em cultivo em sequeiro).